引文格式：赵莹,关可汗,宋兆伟. 长春市公园绿地供需服务水平与可达性分析[J]. 地理空间信息, 2024, 22(7): 18-21. doi:10. 3969/j.issn. 1672-4623.2024.07.004

长春市公园绿地供需服务水平与可达性分析

赵　莹[1]，关可汗[1]，宋兆伟[1]
（1. 长春市规划编制研究中心，吉林 长春 130000）

摘　要：为保证居民平等、均衡地共享公园绿地资源，推动长春市科学建设绿色宜居森林城，基于手机信令、POI等大数据，根据不同等级公园的服务半径，采用高斯两步移动搜索法和K-means聚类方法计算公园绿地的供需服务指标与可达性，并对研究单元进行划分。结果表明，长春市以三环为界，其内部公园绿地服务水平整体较低；各类公园绿地可达性均呈现一定的圈层结构，核心老城区在社区级和区级公园层面可达性较弱；综合可达性高值区主要分布在南部和东北部；高需求低供给人均未达标的区域以建成区东西两侧为主，可优先考虑公园绿地的补充。研究结果可为长春市公园绿地规划布局调整提供相关参考。

关键词：公园绿地；供需匹配；可达性；高斯两步移动搜索法；K-means聚类
中图分类号：TU984　　**文献标志码：**B　　**文章编号：**1672-4623（2024）07-0018-04

Supply and Demand Service Level and Accessibility Analysis of Park Green Space in Changchun City

ZHAO Ying[1], GUAN Kehan[1], SONG Zhaowei[1]
(1. Changchun Institute of Urban Planning and Design, Changchun 130000, China)

Abstract: In order to ensure that residents share park green space resources equally and evenly, and promote the scientific construction of green and livable forest city, based on mobile phone signaling and POI data, according to the service radius of different park, we used Gauss two-step floating catchment area method and K-means clustering method to analyze the supply and demand service level and accessibility of park green space, and classified the research units. The results show that Changchun City is bounded by the third ring road, and its internal park green space service level is generally low. The accessibility of various types of park green space presents a certain ring structure. The accessibility of core old urban areas is weak at the community level and district level parks. High value areas of comprehensive accessibility are mainly distributed in the south and northeast. Areas with high demand and low supply per capita that do not meet the standards are mainly located on the east and west sides of built up area. Priority should be given to supplementing park green spaces in this area. The research result can provide relevant reference for the adjustment of park green space planning and layout in Changchun City.

Key words: park green space, supply and demand matching, accessibility, Gauss two-step floating catchment area, K-means clustering

公园绿地空间布局的供需匹配和可达性水平不仅关系着居民公平享用设施的权利，也影响城市生态系统构建和可持续发展[1-2]。以往研究中公园绿地的供需匹配关系常通过一定时间、距离范围内公园绿地规模与人口的比值来衡量[3-6]；可达性则多利用缓冲区分析法[7]、最小邻近距离法[8]、网络分析法[9]、引力模型法[10-11]和两步移动搜索法[12]等分析。引力模型法和两步移动搜索法均考虑了供需关系，能更全面地分析可达性；而纳入衰减函数的两步移动搜索法则能更真实地反映居民出行特征，从而提高可达性结果的精度[13-14]。本文以长春市中心城区范围内的社区级行政界线为研究单元，利用手机信令、POI等大数据，在考虑供给量和需求量的基础上构建服务供需匹配指标，利用高斯两步移动搜索法分析了长春市3种等级公园绿地的可达性，并通过K-means聚类方法分析了不同类别的社区分布，以期对长春市公园绿地布局配置设计与优化提供参考。

1　数据来源

公园绿地数据从第三次国土调查信息中提取。本文根据CJJ/T 85-2017《城市绿地分类标准》和《长春市城市绿地系统专项规划（2007—2020）》中公园绿地划分标准，并结合实地调查情况，将面积大于10 hm^2的划为市级公园，面积大于1 hm^2小于10 hm^2的划为区级公园，面积小于1 hm^2的划为社区级公园，其服务半径依次为3 000 m、2 000 m和600 m。居住人口数据

收稿日期：2023-03-02。
第一作者简介：赵莹（1988—），硕士研究生，工程师，研究方向为城乡规划与空间数据分析，E-mail：luckyrs@163.com。

从2019年4月三大运营商手机信令数据中获取。本文将连续半个月1：00—5：00在同一基站周边重复出现频率超过60%的人口视为长春市常住人口，其重复出现的基站可作为居住所在地。长春市中心城区常住人口为449.42万人。道路数据先通过网络获取OSM矢量数据，再进行拓扑检查和道路网络模型构建。本文将从POI数据中提取的市级公园出入口点位作为供给位置。

2　研究方法

2.1　公园绿地服务水平

根据长春市公园绿地等级及其服务半径，统计各研究单元中公园绿地服务供给面积 GS_i。研究单元需要的公园绿地面积 XS_i 为单元中常住人口与人均标准公园绿地面积 BS 的乘积。根据《长春市城市绿地系统专项规划（2007—2020）》，BS 为12 m²/人。研究单元的公园绿地服务人口水平为：

$$\mathrm{POP}_i=\frac{GS_i-XS_i}{BS} \tag{1}$$

POP_i 大于0表示单元 i 的公园绿地服务人口盈余；小于0表示服务人口赤字；等于0表示服务人口平衡。考虑不同单元常住人口数量不同，可进一步求取服务人口水平在本单元的占比。为分析研究单元在城市中的服务贡献率水平，建立测算公式：

$$P_i=\frac{1}{2CS}\left(\frac{GS_i}{GS_{\mathrm{city}}}-\frac{XS_i}{XS_{\mathrm{city}}}\right) \tag{2}$$

$$CS=\frac{1}{2}\sum_1^n\left|\frac{GS_i}{GS_{\mathrm{city}}}-\frac{XS_i}{XS_{\mathrm{city}}}\right| \tag{3}$$

式中，CS 为城市整体公园绿地服务供需空间匹配状况；GS_{city}、XS_{city} 分别为城市公园绿地服务总供给量和总需求量；n 为研究区包含的社区级行政单元数量。

CS 等于0表示供需空间完全匹配；等于1表示供需空间完全偏差。P_i 小于0表示单元 i 获得的公园绿地服务供给量在 GS_{city} 中的占比低于其需求在 XS_{city} 中的占比；大于0则相反。P_i 为正且数值越大说明该单元公园绿地布局水平和服务获取程度越高；为负且数值越小则相反。

2.2　高斯两步移动搜索法

可在两步移动搜索法的基础上加入多种衰减函数建立空间衰减规则，而高斯函数是各种扩展形式中最常用的方法之一[13,15]。利用高斯两步移动搜索法计算可达性的主要步骤为：

1）公园绿地供需比计算。提取区级公园和社区级公园的质心、市级公园的入口，以绿地面积作为供给能力。利用OSM路网数据在ArcGIS中构建路网模型，以研究单元质心为起始点，公园绿地质心或入口为目的地，计算研究单元与公园绿地间的距离OD成本矩阵。将各等级公园的服务半径作为人们前往公园绿地的路网极限距离 d_0，并在该范围内建立搜索域；然后汇总搜索域内所有社区级行政单元的人口数量；最后利用高斯函数按照距离衰减规律赋以权重，并对所有供给点进行加权汇总，进而计算供需比。

$$R_j=\frac{S_j}{\sum_{k\in\{d_{kj}\le d_0\}}G(d_{kj})D_k} \tag{4}$$

$$G(d_{kj})=\frac{e^{-\frac{1}{2}\times\left(\frac{d_{kj}}{d_0}\right)^2}-e^{-\frac{1}{2}}}{1-e^{-\frac{1}{2}}} \tag{5}$$

式中，D_k 为研究单元 k 的人口数量；d_{kj} 为研究单元 k 与公园绿地 j 之间的路网距离，对于有多个入口的市级公园，选取距离最近的路网距离，且应满足 $d_{kj}<d_0$；S_j 为公园绿地 j 的面积；$G(d_{kj})$ 为考虑距离衰减效应的高斯函数。

2）可达性计算。以各等级公园的服务半径为人们前往公园绿地的路网极限距离 d_0，在该范围内建立搜索域；然后查询出搜索域内所有的公园绿地，将这些公园绿地的已有供需比 R_j 在高斯衰减函数的作用下汇总求和；最终得到社区级行政单元基于距离成本的公园绿地可达性 A_k，值越大表示可达性程度越高。

$$A_k=\sum_{j\in\{d_{kj}\le d_0\}}G(d_{kj})R_j \tag{6}$$

2.3　K-means聚类分析

K-means聚类方法是一种迭代求解的聚类分析算法，可对某些特征相似的数据进行分类组织，有助于探索数据之间内在结构的差异[16]。首先将数据预分为 K 组，随机选取 K 个对象作为初始的聚类中心；然后计算每个对象与各种子聚类中心之间的距离；最后将每个对象分配给距离它最近的聚类中心。每分配一个样本聚类中心会根据所有对象重新计算，该过程将不断重复直至满足终止条件[17]。

3　公园绿地供需现状

本文利用式（2）计算服务人口占本区域人口的比例，并划分供需服务水平（图1）。其值小于0属于公园绿地缺失的区域，多分布于中心城区东侧外围，在绕城高速以内东侧二道区存在小部分公园绿地缺失的连片社区，需要特别注意，亟需改善、提升；公园绿地服务水平低值区多分布于核心内部城区，朝阳区的全部社区基本均属于低值区，其余低值区零散分布于其他行政区内；中等和较高服务水平社区则呈交替式向外围扩展；高值区则主要分布于绕城高速北端和周边村镇，这主要是由于该区域居住人

口过少所致。

公园绿地服务贡献率综合考虑了公园绿地供给量、人口需求量以及在整体研究区范围内的贡献占比情况。贡献率为负，数值越大，相应社区提高供给公园绿地的优先级则越高。由图2可知，除外围分布有大面积微弱负值区外，其余负值区基本交替分布于中心建成区内；贡献率最低的区域并未分布于核心老城区，而是位于三环东西两侧附近，向绿园区和二道区延伸，该区域社区开发空间较大、居住用地和常住人口较多，公园绿地虽然服务水平中等，但供需贡献率相对不平衡，公园绿地的人口需求量占中心城区比重更高；贡献率最高的区域主要分布于南部新城和北部新区附近，这主要是由于近年在城区外围新建了较多中大型公园。

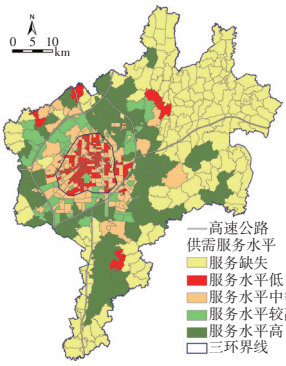


图1 供需服务水平

审图号：吉S(2022)018号

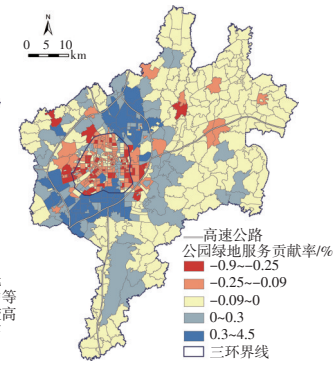


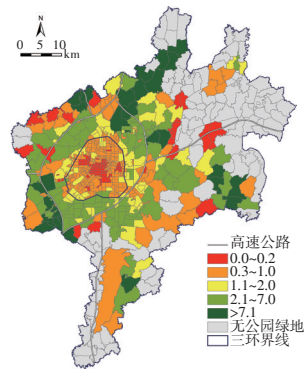
图2 公园绿地服务贡献率

审图号：吉S(2022)018号

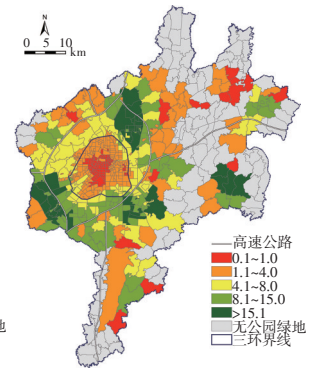
4 公园绿地可达性分析

4.1 各级公园可达性

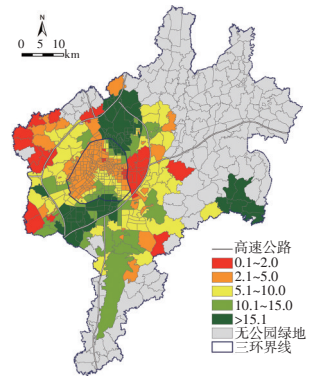
各级公园绿地的可达性结果见图3，可以看出，由于社区级公园绿地面积较小，分散且服务范围有限，整体可达性水平并不高，最高的区域主要分布于绕城高速外的东北和西南方向，这主要是由于城市外围人口较少，公园绿地需求量较低，且新区建设的公园绿地较充足，导致人均可获得性最高；社区级公园绿地可达性呈现一定的圈层分布，由外向内逐渐递减，最低值除外围个别单元零散分布外，仍以老城区为主，主要是由核心区域人口需求量高，公园绿地可达性难以达到高水平所致；区级公园绿地整体可达性高于社区级公园绿地，高可达性单元主要分布于外围东北、西南和东南3个方向，南部区域整体呈现较好的可达性水平，老城区内仍呈现一定的圈层分布，低可达性区域几乎集中于朝阳区，另外西侧区域的可达性低于其他方位，说明区级公园在西侧有所缺失，配置不足；市级公园绿地整体可达性与区级公园持平，且集聚效果更明显，高值区域主要分布于高新南区、高新北区、南部新城和部分莲花山区域，这些区域正是长春大型公园所在地，供给量很大，另外核心老城区的可达性明显提升，但三环外东侧城区的可达性水平集中偏低，缺少大型综合公园，三环内西侧区域市级公园的可达性也较低，有待提升。



a 社区级公园



b 区级公园



c 市级公园

图3 公园绿地可达性

审图号：吉S(2022)018号

4.2 公园绿地综合可达性

两步移动搜索法计算得到的公园绿地可达性结果，实际内涵是考虑距离衰减要素的广义人均公园绿地面积，因此不同类型公园绿地的可达性数值可直接加和，得到公园绿地综合可达性。综合可达性越高，表示该地区越容易享受公园绿地资源。各级公园绿地的综合可达性结果见图4，从各级公园绿地可达性数值的贡献来看，长春市整体层面的高可达性主要源于数量多、面积大、分布广的区级公园和市级公园；长春市中心城区人均公园绿地面积小于5 m^2的区域主要分布在东北片区和其他方位的最外围，核心区域也存在一部分小于5 m^2的社区单元；人均公园绿地面积超过15 m^2的区域主要分布于东北方向、南部大部分社区以及莲花山部分区域。

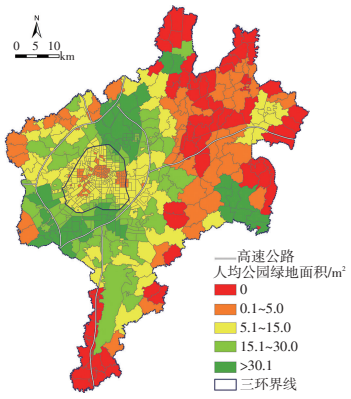


图4　公园绿地综合可达性

审图号：吉S(2022)018号

5　聚类分析

本文选取综合可达性、人口总量和公园服务供给量3个指标对研究单元进行聚类分析（图5）。将长春中心城区范围内的621个社区级行政单元分为6类，达标与否以现状人均公园绿地面积为标准。人均达标分类中低供给低需求区域主要分布在城区外围人口较稀疏、需求量较低的区域；高供给低需求区域也主要分布于外围，与低供给低需求区域相邻，该区域人口仍然较少，但因是新建城区规划配置了较多公园绿地；高供给高需求区域主要分布于绕城高速内部边缘，以南部和西南部为主。人均未达标分类中低供给低需求区域主要分布于城区外围东侧，该区域几乎没有公园绿地，核心内部的部分社区由于面积很小，人口总量和需求量较低，但公园绿地供给量仍未满足需求；低供给高需求区域分布于城区三环附近，这些社区居住人口超过10 000人，但公园绿地配置不足10 hm^2，使得人均绿地面积仅为6.16 m^2，是补充公园绿地配置的主要区域；居住人口很多、公园绿地配置超过20 hm^2、但仍不达标的区域数量不多，主要分布于经开南区与净月区的交汇处以及西侧部分区域。

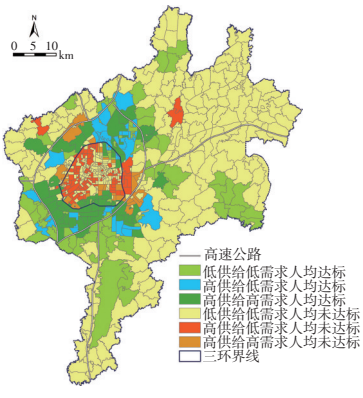


图5　聚类分析结果

审图号：吉S(2022)018号

6　结　语

本文以长春市为例，从供需匹配视角定量评价了公园绿地的供需分布情况和服务水平。

1）在供需匹配方面，建成区之间存在差异，二道区个别社区仍存在明显的公园绿地缺失情况。以三环为界，其内部几乎所有社区服务水平均较低，即供给盈余人数占本区域人口比例较低。从对整个研究区的贡献水平来看，三环外东西两侧社区需求贡献率更大，即应优先考虑该区域的公园绿地补充。总体而言，长春老城区尤其是二道区应加强公园绿地建设，在城市公园绿地规划建设实施过程中，充分利用城市微型空间，均衡布局小型绿地，实现公园绿地与人口分布的空间匹配。

2）在可达性方面，各类公园绿地可达性均呈现一定的圈层结构。核心老城区在社区级公园和区级公园层面仍不具有公园绿地可获得性优势，说明由于用地资源紧缺，缺少中小型公园绿地。同时，由于传统大型公园分布在老城区，因此市级公园的可达性明显提高。另外，不同等级公园绿地的可达性高值区相互穿插、补充，布局较合理，且随着公园等级的提高，高可达性区域的聚集程度愈加明显。综合来看，长春市南部公园绿地可达性均较高，整体优于北部。

3）在聚类方面，人均达标区域以绕城高速附近的南北部为主；人均未达标区域除建成区外围缺少公园绿地的乡镇外，基本分布于三环以内。可优先优化布局高需求低供给未达标的区域，以三环外东侧和三环内西侧为主。公园绿地的聚类分析能揭示长春市公园绿地服务空间失衡的原因，进而差异化地对不同类型区域提出公园绿地布局优化策略，有效且公平地提升长春市公园绿地服务水平。

参考文献

[1]　卢宁，李俊英，闫红伟，等. 城市公园绿地可达性分析:以沈阳市铁西区为例[J]. 应用生态学报，2014，25(10):2 951-2 958

[2]　王甫园，王开泳，刘汉初. 珠三角城市群生态空间游憩服务供需匹配性评价与成因分析:基于改进的两步移动搜寻法[J]. 生态学报，2020，40(11):3 622-3 633

[3]　马晓梅，张志斌，董建红，等. 城市公园绿地空间布局与供需匹配研究:以兰州市为例[J]. 西北林学院学报，2021，36(6):289-296

[4]　屠星月，黄甘霖，邬建国. 城市绿地可达性和居民福祉关系研究综述[J]. 生态学报，2019，39(2):421-431

[5]　Tan C，Tang Y，Wu X. Evaluation

（下转第58页）